

**Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара**

Розрахунок захисного заземлення

**Методичні вказівки до виконання практичних
занять з курсу «Охорона праці в галузі»**

*Ухвалено на вченій раді ФТФ
протокол № 7
від 15 жовтня 2019 р.*

Дніпро

2019

УДК 331.45
ББК 65.9(4Укр)248.95я73
М 69

Рецензенти:

В.І. Голінько – д-р техн. наук., проф. (Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", завідувач кафедри охорони праці та цивільної безпеки);

М.О. Катренко – канд. техн. наук, доц. (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, доцент кафедри двигунобудування)

М 69 Розрахунок захисного заземлення. Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «Охорона праці в галузі» [Текст] / О.В. Золотько [та ін.]. – Д.: Сова, 2019. – 20 с.

Викладено принцип дії, границі застосування, основні вимоги до захисного заземлення. Вказано типи конструкції захисного заземлення та рекомендації по їхньому виборі. Наведено методику та приклад розрахунку конструкції захисного заземлення.

Для студентів технічних спеціальностей Дніпровського національного університету. Може бути використано при проведенні практичних занять з курсу «Безпека життєдіяльності та охорона праці» та при виконанні розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» випускних магістерських робіт.

Навчальне видання

Олена Василівна Золотько
Олексій Володимирович Січевий
Юрій Вікторович Тарасенко
Олександр Євгенович Золотько
Юлія Володимирівна Войтенко
Олена Вікторівна Долженкова
Олена Григорівна Левицька

Розрахунок захисного заземлення. Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «Охорона праці в галузі»

Підписано до друку 30.09.19. Формат 60x84/16. Папір друкарський. Друк плоский. Ум. друк. арк. 1,5. Ум. фарбовідб. 3,0. Обл.-вид. арк. 4,5. Тираж 20 пр. Зам. №25

Друкарня Сова, вул. Генерала Пушкіна, 1, м. Дніпропетровськ, 49050

© Золотько О.В. [та ін.], 2019

Вступ

Електробезпека на виробництві і в побуті забезпечується конструкцією електроустановки (ЕУ), організаційними та технічними заходами, технічними засобами та засобами захисту.

Технічні заходи та засоби розділені на дві групи: до першої відносять такі, що використовують при нормальному режимі роботи ЕУ, до другої – такі, що застосовують у аварійному режимі. Захисне заземлення – метод захисту, який використовують у аварійному режимі роботи електроустановки. Цей метод є найбільш розповсюдженим і надійним.

1 Принцип дії, границі застосування та основні вимоги до захисного заземлення

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмопровідних частин конструкцій, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус або з інших причин.

Мета розрахунку захисного заземлення – визначення кількості електродів заземлювача, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму не перевищує допустимого значення.

Дію захисного заземлення можна зрозуміти на прикладі схеми живлення (ЕУ). Людина, з опором тіла R_l , торкаючись корпусу електроустановки, де стався пробій ізоляції, знаходиться під захистом опору заземлення R_z , яке включено паралельно R_l (рис.1).

Принцип дії захисного заземлення полягає у зменшенні до безпечного значення напруги дотику та кроку, обумовлених замиканням на корпус. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого ЕУ, та вирівнюванням потенціалів ЕУ і землі.

Захисне заземлення застосовують:

– у 3-фазних 3-хпроводних мережах напругою до 1 кВ змінного струму з ізольованою нейтраллю;

– у мережах змінного струму напругою більш 1 кВ незалежно від режиму

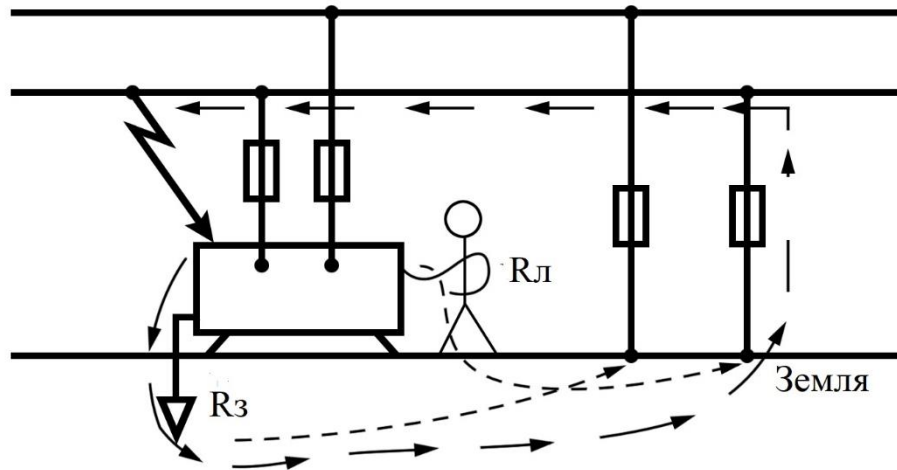


Рисунок 1 – Принцип дії захисного заземлення

нейтралі;

– у двохпровідних мережах постійного струму з ізолюваною середньою точкою обмоток джерела струму.

Крім того при напрузі 380 В і вище змінного струму і 440 В і вище постійного струму захисне заземлення виконують для будь-якого ЕУ. У приміщеннях з підвищеною та особливою електробезпекою, а також в умовах експлуатації ЕУ поза приміщення заземлюють ЕУ з напругою живлення вище 42 В змінного струму, та вище 110 В постійного струму.

Відповідно до Правил улаштування ЕУ (ПУЕ) найбільші допустимі значення опору заземлювального пристрою (R_{nye}) прийняті такі:

- 4 Ом – в ЕУ напругою до 1 кВ;
- 10 Ом, якщо потужність джерела струму (генератора або трансформатора) менша або дорівнює 100 кВт;
- 0,5 Ом – в ЕУ напругою вище 1 кВ з ефективно заземленою нейтраллю;
- $250 / I_3$, але не більш 10 Ом – в ЕУ напругою вище 1 кВ з ізолюваною нейтраллю.

2 Типи заземлюючих пристроїв

До заземлюючого пристрою входить заземлювач - металевий провідник або група провідників, що знаходяться в безпосередньому контакті з ґрунтом, і заземлюючі провідники, що з'єднують заземлювальні частини

електроустановки з заземлювачем.

Залежно від розташування заземлювачів відносно до заземлювального обладнання заземлення виконують **виносним** або **контурним** (рис. 2). Заземлювачі виносних заземлень застосовують для ЕУ напругою до 1000 В, їх розташовують на відстані понад 20 м від обладнання що заземлюється, поза зоною розтікання струму замикання на землю. Заземлювачі контурного заземлення розташовують по периметру майданчика, на якому встановлено заземлювальне обладнання. Всі заземлювачі електрично з'єднані між собою.

Розрізняють заземлювачі **природні та штучні**. Природні – це металоконструкції, що знаходяться у контакті із землею, але використовуються за іншим призначенням (водопровідні та інші металеві трубопроводи, за виключенням трубопроводів горючих речовин, металеві та залізобетонні конструкції будівель та інші).

Штучні заземлювачі (вертикальні та горизонтальні електроди) застосовують безпосередньо з метою заземлення ЕУ.

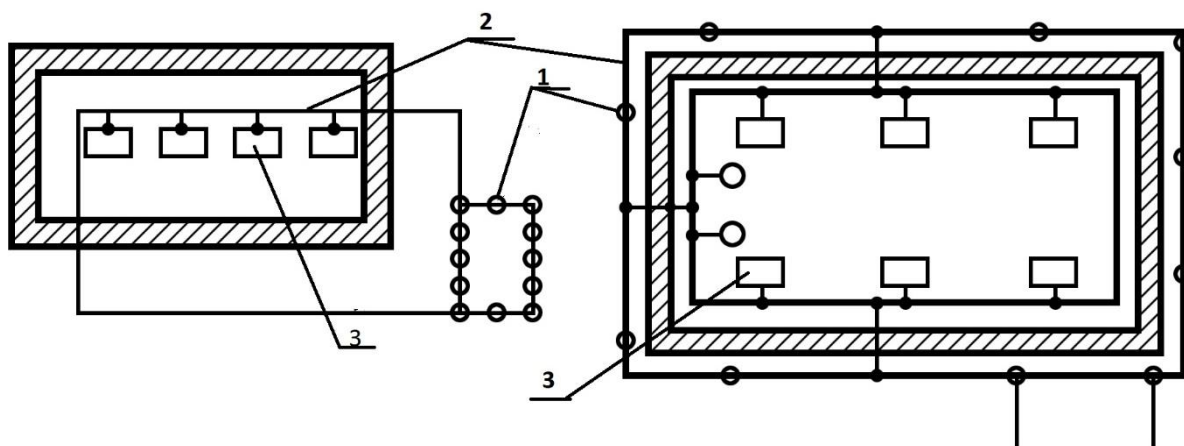


Рисунок 2 – Виносне та контурне заземлення

1 – вертикальні заземлювачі (електроди); 2 – горизонтальні заземлювачі (електроди); 3 – устаткування, що заземлюється

3 Рекомендації по конструктивному виконанню і розміщенню штучних заземлювачів

Для вертикальних електродів використовують сталеві труби діаметром

10 – 16 мм, також кутову сталь розміром від 40×40 до 63×63 мм та довжиною від 3 до 5 – 10 м (довгі електроди приймають для ґрунтів, що погано проводять струм). Також за необхідністю можна застосовувати сталеві труби діаметром 50 – 60 мм довжиною 2,5 – 3 м.

Для з'єднання вертикальних електродів *горизонтальним* використовують смугову сталь шириною 20 – 45 мм та товщиною 4 мм, а також сталь круглого перетину діаметром 10 – 12 мм.

Для з'єднання *устаткування*, що заземлюється, з *заземлювачами* використовують смугову сталь (шини) перетином 24 мм² в середині будівель та 48 мм² поза будівлями, або круглу сталь діаметром 5 мм і 6 мм відповідно.

Заземлювальний провідник приєднується до заземлення зварюванням не менше ніж у двох місцях. Болти (гвинти, шпильки) для кріплення заземлюючого провідника повинні виготовлятися із стійкого до корозії металу.

Заземлюючі провідники всередині будівель повинні бути доступними для огляду. Всі відкрито розміщені заземлюючі провідники фарбують у зелений колір з жовтими смугами.

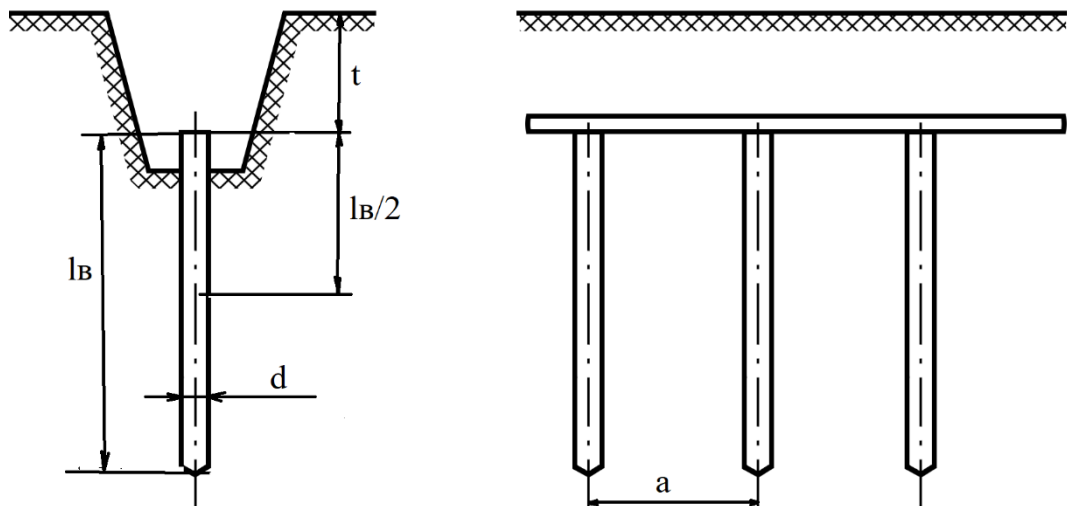


Рисунок 3 – Схема заземлення:

d – діаметр круглого заземлювача, м, для кутника $d=0.95 \cdot b_k$, де b_k – ширина профілю кутника, м; a – відстань між вертикальними електродами, м;

t – глибина траншеї закладання горизонтального електроду, м; $l_в$ – довжина вертикального електроду, м.

Глибина траншеї для розміщення заземлювачів зазвичай складає 0,8 м – 0,9 м. Відстань від поверхні землі до верхнього кінця вертикальних електродів та до горизонтального електрода складає 0,7 м – 0,8 м. Відстань між вертикальними електродами рекомендують приймати не меншу за 2,5 м. Для заземлювачів, розташованих у ряд, відношення відстані між вертикальними електродами до їх довжини (a / l_e) приймають у діапазоні 1 – 3, а при розташуванні їх по контуру – 2 – 3. Висота верхнього кінця вертикального електрода над траншеєю – 0,1 м.

Забивання вертикальних електродів у ґрунт виконують за допомогою спеціальних пристроїв. Траншею засипають чистою (без будівельного сміття) землею.

Порядок розрахунку заземлюючого пристрою

Вихідними даними для виконання розрахунку є:

- характеристика електроустановки (робоча напруга, сумарна потужність генератора, режим нейтралі);
- дані про наявність природних заземлювачів та вимірне значення його опору розтіканню струму;
- кліматична зона території, де виконують заземлення ЕУ;
- питомий електричний опір ґрунту, де розміщують заземлювачі, та характеристика погодних умов під час його вимірювань.

Вид, форму, розміри, матеріал електродів та заземлювальних провідників обирають відповідно до вказаних вище рекомендацій.

Розрахунок заземлювачів ЕУ напругою до 1 кВ, а також більше 1 кВ до 35 кВ виконують методом коефіцієнтів їх використання за допустимим опором заземлювача розтіканню струму. При цьому допускають, що заземлювач розміщено у однорідному ґрунті. Розрахунках заземлення ЕУ у мережі з ефективно заземленою нейтраллю напругою більше 110 кВ виконують методом наведених потенціалів та обов'язково враховують багат шаровість ґрунту, представляючи його у розрахунках у вигляді

двошарової моделі.

Розрахунок заземлення методом коефіцієнтів використання заземлювачів виконують у такому порядку.

1. За наявності природних заземлювачів допустимий опір R_d штучних заземлювачів визначають за формулою

$$R_d \leq \frac{R_e \cdot R_{nye}}{R_e - R_{nye}}, \quad (1)$$

де R_{nye} – визначене ПУЕ значення опору заземлювального пристрою;

R_e – опір природного заземлювача.

При відсутності природних заземлювачів

$$R_d < R_{nye} \quad (2)$$

2. Обирають тип і розміри заземлюючого пристрою – вертикальних та горизонтальних електродів, використовуючи вказані вище рекомендації.

3. Визначають розрахунковий питомий електричний опір ґрунту ρ_r , де передбачають розміщувати заземлювальний пристрій, враховуючи при цьому кліматичну зону місцевості (табл. 1)

Таблиця 1. Ознаки кліматичних зон

Показники	Зони			
	1	2	3	4
Середня багаторічна найнижча температура січня, град. С	Від -20 до -15	Від -15 до -10	Від -10 до 0	Від 0 до 5
Середня багаторічна найвища температура липня, град. С	16 – 18	18 – 22	22 – 24	24 – 26
Середньорічна кількість опадів, см	40	50	50	30 – 50

$$\rho_r = \rho_{vim} \cdot \psi, \quad (3)$$

де ρ_{vit} – питомий вимірний опір ґрунту, Ом·м (табл. 2).

ψ - коефіцієнт сезонності (табл. 3).

Таблиця 2. Питомий (вимірний) електричний опір ґрунту ρ_r

Тип ґрунту	Питомий опір, Ом·м	Тип ґрунту	Питомий опір, Ом·м
Торф	10 – 30	Супісок вологий	100 – 200
Чорнозем	10 – 50	Супісок твердий	200 – 400
Садова земля	20 – 60	Гравій, щебінь	4000 – 7000
Глина	30 – 80	Кам'янистий ґрунт	500 – 8000
Суглинок напівтвердий	50 – 150	Скелястий ґрунт	1000 – 3000
Суглинок вологий	5 – 40	Пісок (вода до 5 м)	300 – 700
Лесс	200 – 300	Пісок (вода 6 м – 10 м)	500 – 1500
Змішаний ґрунт	20 – 180	Мергелі	100 – 250
Кокс	2 – 5	Сланці графітові	10 – 100

Таблиця 3. Коефіцієнти сезонності ψ для однорідної землі

Кліматична зона	Вологість землі під час вимірювання її опору			Кліматична зона	Вологість землі під час вимірювання її опору		
	підвищ.	нормальна	мала		підвищ.	нормальна	мала
<i>Вертикальний електрод довжиною 3 м</i>				<i>Горизонтальний електрод довжиною 10 м</i>			
1	1,9	1,7	1,5	1	9,3	5,5	4,1
2	1,7	1,4	1,3	2	5,9	3,5	2,6
3	1,5	1,3	1,2	3	4,2	2,5	2,0
4	1,3	1,1	1,0	4	2,5	1,5	1,1
<i>Вертикальний електрод довжиною 5 м</i>				<i>Горизонтальний електрод довжиною 50 м</i>			
1	1,5	1,4	1,3	1	7,2	4,5	3,6
2	1,4	1,3	1,2	2	4,8	3,0	2,4
3	1,3	1,2	1,1	3	3,2	2,0	1,6
4	1,2	1,1	1,0	4	2,2	1,4	1,12

4. Визначають опір розтіканню струму з одного вертикального заземлювача за співвідношенням

$$R_v = \frac{\rho_1}{2\pi l_v} \left(\ln \frac{2l_v}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t_v+l}{4t_v-l} \right), \quad (4)$$

де ρ_1 визначаємо за (3), використовуючи дані табл. 3 (довжину вертикального електроду та вологості ґрунту під час процесу вимірювання його опору);

l_v – довжина вертикального заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача, м; у разі використання кутника $d = 0,95 b_k$;

t_v – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача, м.

$$t_v = t + 0,5l_v \quad (5)$$

5. Розраховують кількість вертикальних електродів n методом послідовних наближень за формулою:

$$n = \frac{R_v}{R_d \cdot \eta_v}, \quad (6)$$

де η_v – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (табл. 4), за допомогою якого враховують явище взаємного екранування поля окремих електродів.

Значення коефіцієнтів використання вертикальних заземлювачів залежить від кількості електродів, їх конфігурації та від відношення відстані між окремими електродами a до їхньої довжини l_v . Для підвищення коефіцієнта використання заземлювачів відношення a / l_v приймають не менше 1. Добір необхідного числа електродів ведеться в такій послідовності:

- 1) при $\eta_v = 1$ знаходять вихідне число n_1 ;
- 2) для n_1 за табл. 4 визначають η_{v1} ;
- 3) для η_{v1} визначають нове число n_2 і т. д., до одержання різниці між останніми числами заземлювачів менше одиниці.

У разі, коли значення η_v не відповідає табличному, виконують лінійну інтерполяцію за відомим співвідношенням:

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \quad (7)$$

6. Залежно від конфігурації електродів розраховують довжину горизонтального електроду:

– для заземлювачів, розташованих у ряд

$$L_g = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1); \quad (8)$$

– для заземлювачів, розташованих по контуру

$$L_g = 1,05 \cdot a \cdot n \quad (9)$$

7. Знаходять опір розтіканню струму горизонтального електроду

$$R_g = \frac{\rho_2}{2\pi L_g} \ln \frac{2L_g^2}{b_{gt}}, \quad (10)$$

де ρ_2 визначаємо з табл. 3 з урахуванням довжини горизонтального електроду та вологості ґрунту під час процесу вимірювання;

b – ширина горизонтального заземлювача.

8. Визначають сумарний опір системи паралельно з'єднаних вертикальних та горизонтальних електродів

$$R_{gr} = \frac{R_v R_g}{R_v \eta_g + n R_g \eta_v} \quad (11)$$

де η_g – коефіцієнт використання горизонтального електроду (табл. 5).

9. Здійснюють порівняння значень R_{gr} з R_d . Якщо $R_{gr} < R_d$, вибрана конструкція заземлення задовольняє вимогам. Якщо дане співвідношення не виконується, треба змінити конструкцію заземлення (розміри заземлювачів та їх кількість) і повторити розрахунок.

Таблиця 4. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_v

Кількість заземлювачів	Відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини					
	1	2	3	1	2	3
	Заземлювачі розміщені в ряд			Заземлювачі розміщені по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,8
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,56	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

Таблиця 5. Коефіцієнт використання горизонтального електроду η_g

Відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини	Кількість вертикальних заземлювачів у ряду							
	4	5	8	10	20	30	50	65
1	0,77	0,76	0,74	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47
	Кількість вертикальних заземлювачів у контурі заземлення							
	4	6	8	10	20	30	50	70
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26
3	0,7	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37	0,35

Приклад виконання розрахунку

Завдання: розрахувати конструкцію захисного заземлення для електродвигуна металооброблювального верстата.

Вихідні дані:

- напруга живлення 380 В;
- режим нейтралі трансформатора – ізольована;
- природне заземлення присутнє, $R_e = 20$ Ом;
- ґрунт – глина; питомий опір – $\rho_r = 60$ Ом·м (табл. 3)
- вологість глини під час вимірювання її опору – нормальна;
- кліматична зона – третя.

Рішення:

1. Відповідно рекомендацій ПУЕ умови виконання завдання визначають значення

$$R_{nye} = 4 \text{ Ом.}$$

2. Природні заземлювачі наявні, тому допустимий опір R_d штучних заземлювачів визначаємо за формулою (1):

$$R_d \leq \frac{20 \cdot 4}{20 - 4} \leq 5 \text{ Ом},$$

3. Для виконання заземлення обираємо:

– вертикальні електроди із кутової сталі шириною профілю $b_k = 50$ мм, довжиною $l_v = 3$ м; з табл. 3 для таких вертикальних електродів коефіцієнт сезонності $\psi = 1,3$;

– відстань між електродами $a = 3$ м, тобто $a / l_v = 1$;

– горизонтальний з'єднувальний електрод – сталь у вигляді смуги шириною $b_g = 45$ мм;

– глибина заглиблення смуги $t = 0,8$ м.

4. Визначаємо за (3) розрахунковий питомий електричний опір глини ρ_1 , де буде розміщуватися заземлювальний пристрій, для третьої кліматичної зони місцевості (з табл.1 та 3 значення $\psi = 1,3$):

$$\rho_1 = 60 \cdot 1,3 = 78 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}.$$

5. Визначаємо опір розтіканню струму з одного вертикального заземлювача за (4), попередньо визначивши за (5) відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача t_v :

$$t_v = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3 \text{ (м)}$$

$$R_v = \frac{78}{2 \cdot 3,13 \cdot 3} \ln \frac{2 \cdot 3}{0,95 \cdot 0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} = 21,424 \text{ (Ом)}$$

6. Розраховуємо кількість вертикальних електродів n методом послідовних наближень за (6). У першому наближенні приймаємо $\eta_v = 1$. Виконуючи округлення результату розрахунку у більший бік отримуємо:

$$n_1 = \frac{21,424}{\frac{5}{14}} \approx 5.$$

Для n_1 за табл. 4 визначаємо η_{v1} . Оскільки значення η_{v1} для n_1 у таблиці відсутнє, знаходимо середнє арифметичне:

$$\eta_{v1} = \frac{0,73 + 0,65}{2} = 0,69.$$

Для η_{v1} за (6) визначаємо нове число n_2 , округляємо його до більшого цілого:

$$n_2 = \frac{21,424}{5 \cdot 0,69} \approx 7.$$

Для $n_2 = 7$ визначимо η_{v2} за (7):

$$\frac{n_2 - 6}{10 - 6} = \frac{\eta_{v2} - 0,65}{0,59 - 0,65},$$

$$\text{тобто } \eta_{v2} = -0,015n_2 + 0,74 = 0,635.$$

Для η_{v3} за (6) визначаємо нове число n_3 та округляємо результат до більшого цілого:

$$n_3 = \frac{21,424}{5 \cdot 0,635} \approx 7.$$

Таким чином отримали, що кількість електродів не змінюється (різниця між останніми числами заземлювачів менше одиниці). Тобто число вертикальних заземлювачів складає 7.

7. Визначаємо за (10) довжину горизонтального електроду. Для заземлювачів, розташованих у ряд

$$L_g = 1,05 \cdot 1 \cdot (7 - 1) = 18,9 \text{ (м)}.$$

8. Знаходимо опір розтікання струму горизонтального електроду за (10), визначивши спочатку величину ρ_2 (табл.3, $\psi = 2,5$):

$$\rho_2 = 60 \cdot 2,5 = 150 \text{ (Ом} \cdot \text{м)},$$

$$R_g = \frac{150}{2\pi 18,9} \ln \frac{2 \cdot 18,9 \cdot 18,9}{0,045 \cdot 0,8} = 12,5 \text{ (Ом)}.$$

6. Визначаємо загальний результуючий опір системи заземлення за (11), спочатку визначивши коефіцієнт використання горизонтального електроду за допомогою табл. 5. Для цього, виконуючи лінійну інтерполяцію, напишемо рівняння:

$$\eta_g = -0,00667 \cdot n_3 + 0,7933 = 0,747;$$
$$R_{gr} = \frac{21,424 \cdot 12,5}{21,424 \cdot 0,747 + 7 \cdot 12,5 \cdot 0,636} = 3,742 \text{ (Ом)}.$$

7. Порівнюємо значення R_{gr} з R_d .

В нашому випадку співвідношення $R_{gr} < R_d$ виконується, тобто вибрана конструкція заземлення задовольняє вимогам ПУЕ.

Таким чином, приймаємо наступну конструкцію заземлення: вертикальні електроди розміщені в ряд в кількості 7 штук, довжина з'єднувального горизонтального електрода складає 18,9 м.

ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

№ вар.	U_{cy} , В	Режим нейтралі / потужність ЕУ, P , Вт	Опір природного заземлення, R_e , Ом	Тип ґрунту	Вологість при вимірюванні	Кліма- тична зона
1	2	3	4	5	6	7
1	220	Ізольована / 80	відсутнє	Торф	Підвищена	1
2	380	Заземлена / 110	20	Чорнозем	Нормальна	2
3	600	Ізольована / 100	30	Садова земля	Мала	3
4	6000	Ефективно заземлена	15	Глина	Підвищена	4
5	220	Заземлена / 150	відсутнє	Суглинок напівтвер- дий	Нормальна	1
6	380	Ізольована / 200	40	Суглинок вологий	Мала	2
7	600	Заземлена / 700	25	Льос	Підвищена	3
8	1000	Ізольована	20	Змішаний ґрунт	Нормальна	4
9	220	Заземлена / 130	відсутнє	Супісок вологий	Мала	1
10	220	Ізольована / 50	70	Супісок твердий	Підвищена	2
11	380	Заземлена / 150	відсутнє	Гравій, щебінь	Нормальна	3
12	600	Ізольована / 180	40	Кам'яни- стий ґрунт	Мала	4
13	6000	Ефективно заземлена	35	Скелястий ґрунт	Підвищена	3

1	2	3	4	5	6	7
14	220	Ізольована / 100	відсутнє	Пісок (вода до 5 м)	Нормальна	4
15	220	заземлена	відсутнє	Пісок (вода 6 м – 10 м)	Підвищена	1
16	380	Ізольована	40	Мергелі	Нормальна	2
17	600	Заземлена	30	Сланці графітові	Мала	1
18	1000	Ізольована	20	Чорнозем	Підвищена	2
19	220	Заземлена	відсутнє	Торф	Нормальна	3
20	380	Заземлена	50	Глина	Мала	4

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.(ПУЭ-85).
2. Іванов В.Г., Дзюндзюк Б.В., Олександров Ю.М.. Охорона праці в електроустановках. – К.: ОКО, 1994. – 227 с.
3. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: Справочник/ С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В. Белова. – М.6 Машиностроение, 1989. – 368 с.
4. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник — Львів: УАД, 2006 – 336 с.
5. Дипломне проектування. Розділи з охорони праці. За редакції С.О.Буракової. - Кам'янець - Подільський, : Медобори -2006, 2010.-356 с.
6. Сафонов В.В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник. – К.: Основа, 2011. – 480 с.